

JT12 Rec'd PCT/PTO 16 JUL 2004

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The temperature sensor which detects the temperature of a permanent magnet in the control unit of the dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, While searching for the magnetic flux based on the temperature which has the magnetic-flux table which has memorized the demagnetization property corresponding to the temperature of a permanent magnet, and was detected with the temperature sensor on a magnetic-flux table, this magnetic flux, The control unit of the dynamo-electric machine characterized by constituting so that a torque current command may be calculated based on a torque command and the above-mentioned dynamo-electric machine may be controlled based on this torque current command.

[Claim 2] The electrical-potential-difference command value supplied to the above-mentioned dynamo-electric machine in the control unit of the dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, While having a motor model in dq system of coordinates which input information, such as a feedback current which fed back the current supplied to a dynamo-electric machine, and a rate, and simulate operation of a dynamo-electric machine The control unit of the dynamo-electric machine characterized by constituting so that a torque current command may be calculated based on this magnetic flux and a torque command and the above-mentioned dynamo-electric machine may be controlled based on this torque current command, while searching for current magnetic flux using this motor model.

[Claim 3] The control unit of the dynamo-electric machine indicated to [claim 2] characterized by using a current command value instead of the above-mentioned feedback current.

[Claim 4]

THIS PAGE BLANK (CONT.)

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention is applied to what has a permanent magnet as a field about the control unit of a dynamo-electric machine, and is useful.

[0002]

[Description of the Prior Art] The permanent magnet synchronous motor (it abbreviates to "PM motor" below) driven with an inverter is mainly widely used as a small capacity AC servo motor.

[0003] Drawing 11 is the block diagram showing an example of the control device of this kind of PM motor with this PM motor. As shown in this drawing, the PM motor 2 rotates by supplying three phase current to the PM motor 2 from the PWM inverter 1. The rate detector 3 rotates with the rotator of the PM motor 2, and outputs pulse signal P. The location detecting element 4 calculates the phase detection value theta which shows the rotator location (phase) of the PM motor 2 based on pulse signal P.

[0004] The current detecting elements 5 and 6 are the current detection values IU and Iw of U phase and W phase. It asks. the coordinate transformation section 7 -- current detection values IU and Iw from -- current detection value Iv of V phase asking -- further -- current detection values IU, Iv, and Iw of a three phase a three phase / two phase conversion -- carrying out -- the phase angle theta -- taking into consideration -- torque current detection value Iq of a system of rotating axes And magnetizing-current detection value Id It asks.

[0005] The current control section 8 is torque current command Iq \* of a system of rotating axes. And magnetizing-current command Id \* and the torque current detection value Iq And magnetizing-current detection value Id Proportionality and by carrying out an integration operator, it is deflection Torque electrical-potential-difference command Vq \* of a system of rotating axes And magnetization electrical-potential-difference command Vd \* It asks.

[0006] It is torque current command Iq \* here. Torque command T\* It is obtained by the radical on the current command table 11. That is, in the current command table 11, it is torque command T\*. Corresponding magnetizing-current command Id \* And torque current command Iq \* It has memorized as a table. Moreover, the electrical angle frequency omega which differentiates and acquires the phase detection value theta with a differentiator 12 is supplied to this current command table 11 as a reference sign. In this way, the current command table 11 is torque command T\*. Magnetizing-current command Id \* which becomes settled uniquely with reference to the based electrical angle frequency omega And torque current command Iq \* It sends out.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL FIELD

---

[Field of the Invention] Especially this invention is applied to what has a permanent magnet as a field about the control unit of a dynamo-electric machine, and is useful.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## PRIOR ART

---

[Description of the Prior Art] The permanent magnet synchronous motor (it abbreviates to "PM motor" below) driven with an inverter is mainly widely used as a small capacity AC servo motor.

[0003] Drawing 11 is the block diagram showing an example of the control device of this kind of PM motor with this PM motor. As shown in this drawing, the PM motor 2 rotates by supplying three phase current to the PM motor 2 from the PWM inverter 1. The rate detector 3 rotates with the rotator of the PM motor 2, and outputs pulse signal P. The location detecting element 4 calculates the phase detection value theta which shows the rotator location (phase) of the PM motor 2 based on pulse signal P.

[0004] The current detecting elements 5 and 6 are the current detection values IU and Iw of U phase and W phase. It asks. the coordinate transformation section 7 -- current detection values IU and Iw from -- current detection value Iv of V phase asking -- further -- current detection values IU, Iv, and Iw of a three-phase a three phase / two phase conversion -- carrying out -- the phase angle theta -- taking into consideration -- torque current detection value Iq of a system of rotating axes And magnetizing-current detection value Id It asks.

[0005] The current control section 8 is torque current command Iq \* of a system of rotating axes. And magnetizing-current command Id \* and the torque current detection value Iq And magnetizing-current detection value Id Proportionality and by carrying out an integration operator, it is deflection Torque electrical-potential-difference command Vq \* of a system of rotating axes And magnetization electrical-potential-difference command Vd \* It asks.

[0006] It is torque current command Iq \* here. Torque command T\* It is obtained by the radical on the current command table 11. That is, in the current command table 11, it is torque command T\*. Corresponding magnetizing-current command Id \* And torque current command Iq \* It has memorized as a table.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

EFFECT OF THE INVENTION

---

[Effect of the Invention] Since a demagnetized part by the temperature of a permanent magnet can be compensated according to this invention as concretely explained with the gestalt of operation above, the exact control corresponding to the part command value is realizable.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

TECHNICAL PROBLEM

---

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, the rate of demagnetization will become large, if the flux linkage  $\lambda$  by the permanent magnet decreases as the temperature of a permanent magnet goes up, especially becomes an elevated temperature, as shown in drawing 12 .

[0017] Therefore, if it becomes an elevated temperature, a flux linkage  $\lambda$  will decrease, and output-torque  $T$  will become small. That is, since demagnetization by the temperature rise was not taken into consideration in the former, when motor operation is carried out in an elevated-temperature situation, it is torque command  $T^*$ . It received and the torque  $T$  actually outputted from the PM motor 2 was small.

[0018] In view of the above-mentioned conventional technique, this invention aims at offering the control unit of the dynamo-electric machine with which the output torque which corresponded to the torque command correctly is obtained, even if temperature rises.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

MEANS

---

[Means for Solving the Problem] The configuration of this invention which solves the above-mentioned technical problem is characterized by the following point.

[0020] (1) It constituted so that it has the temperature sensor which detects the temperature of a permanent magnet, and the magnetic-flux table which has memorized the demagnetization property corresponding to the temperature of a permanent magnet in the control unit of the dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field, a torque current command calculates based on this magnetic flux and a torque command while searching for the magnetic flux based on the temperature detected with the temperature sensor on a magnetic-flux table, and the above-mentioned dynamo-electric machine may control based on this torque current command.

[0021] (2) In the control unit of the dynamo-electric machine which has a permanent magnet as a field While having a motor model in dq system of coordinates which input information, such as a feedback current which fed back the current supplied to the electrical-potential-difference command value supplied to the above-mentioned dynamo-electric machine, and a dynamo-electric machine, and a rate, and simulate operation of a dynamo-electric machine It constituted so that a torque current command might be calculated based on this magnetic flux and a torque command and the above-mentioned dynamo-electric machine might be controlled based on this torque current command, while searching for current magnetic flux using this motor model.

[0022] (3) In (2), the current command value was used instead of the feedback current.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## OPERATION

[Function] -- according to this invention of the account configuration of a top, the magnetic flux at the time of actual operation of a dynamo-electric machine is searched for as an output of a magnetic-flux table or a motor model. Next, a torque part current is searched for based on this magnetic flux and a torque command, and let this torque part current be the command value of a current control system. The effect of the demagnetization which is dependent on the temperature of a permanent magnet in this way is compensated.

[0032] Moreover, in the thing of the presumed method of magnetic flux, since field magnetic flux can be presumed based on a torque electrical potential difference, the torque part current based on this magnetic-flux estimate can be made into the command value of a current control system.

[0033]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained to a detail based on a drawing below. Each of each gestalten prepares the demagnetization compensation section instead of the current command table 11 in the control device shown in drawing 11. Then, the same number is given to the same part as drawing 11, and the gestalt of each operation is explained. The explanation which overlaps drawing 11 is omitted at this time.

[0034] Drawing 1 is a block diagram which extracts the demagnetization compensation section I concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention, and is shown with the near part. This gestalt performs the temperature monitor of a permanent magnet in  $I_d^* = 0$  control, and is torque current command  $I_q^*$ . It amends.

[0035] As shown in drawing 1, the demagnetization compensation section I has the magnetic-flux table 21, the pole setting section 22, and a divider 23.

[0036] The magnetic-flux table 21 is a data table which has memorized the demagnetization property of the magnetic flux by the temperature created with the data sheet of the permanent magnet of the PM motor 2 etc., for example, detects motor stator temperature with temperature sensors, such as a thermistor, substitutes for the temperature  $t_{mg}$  of the permanent magnet by the side of a rotator  $[**]$  as temperature information, and is supplied. Consequently, the magnetic-flux table 21 sends out the information on magnetic-flux  $\lambda_{dmg}$  corresponding to temperature  $t_{mg}$ .

[0037] The pole setting section 22 multiplies magnetic-flux  $\lambda_{dmg}$  by the number of magnetic poles, and is taken as an output. A divider 23 is torque command  $T^*$ . A division is done with the output ( $p\lambda_{dmg}$ ) of the pole setting section 22.

[0038] If the output of a divider 23 serves as  $T^*/p\lambda_{dmg}$  in the gestalt of this operation and this output refers to said formula (1), it will be torque current command  $I_q^*$  a clear passage. It becomes. That is, according to this gestalt, it is torque current command  $I_q^*$ . It is amended according to the temperature characteristic of a permanent magnet. Consequently, the demagnetization property accompanying a temperature rise is compensated and desired torque is acquired.

[0039] Drawing 2 is a block diagram which extracts the demagnetization compensation section II concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention, and is shown with the near part. This gestalt uses a motor model in  $I_d^* = 0$  control, and is torque current command  $I_q^*$ . It amends and the parts which calculate magnetic-flux  $\lambda_{dmg}$  from the 1st gestalt only differ. Then, the same number is given to the same part as drawing 1, and the overlapping explanation is omitted.

[0040] As shown in drawing 2, the demagnetization compensation section II has the motor model 31, the pole setting section 22, and a divider 23.

[0041] The motor model 31 is magnetization electrical-potential-difference command  $V_d^*$ , torque electrical-potential-

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



difference command  $V_q^*$ , the magnetic-current detection value  $I_d$ , and the torque-current detection value  $I_q$ . And rate  $\omega_r$  It is a kind of simulator which realized the motor equivalent to the PM motor 2 electronically by inputting the amount of each of the electrical angle frequency  $\omega$  processed and obtained in the pole setting section 32, and processing these data.

[0042]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram showing the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] The block diagram showing the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 3] The block diagram showing the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 4] The block diagram showing the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 5] The block diagram showing the 1st example which is an example of the magnetic-flux presumption machine in drawing 4.

[Drawing 6] The block diagram showing the 2nd example which is an example of a magnetic-flux presumption machine.

[Drawing 7] The block diagram showing the 3rd example which is an example of a magnetic-flux presumption machine.

[Drawing 8] The block diagram showing the 4th example which is an example of a magnetic-flux presumption machine.

[Drawing 9] The block diagram showing the 5th example which is an example of a magnetic-flux presumption machine.

[Drawing 10] The block diagram showing the gestalt of operation of the 5th of this invention.

[Drawing 11] The block diagram showing the conventional technique.

[Drawing 12] The graph which shows the temperature characteristic of a permanent magnet.

## [Description of Notations]

I, II, III, IV, V Demagnetization compensation section

21 Magnetic-Flux Table

31 41 Motor model

23 Divider

41 Magnetizing-Current Command Table

42 Torque Current Command Operation Part

43 Magnetic-Flux Presumption Machine

44 Output Voltage Detection Transformer

45 Coordinate Transformation Section

T\* Torque command

I<sub>q</sub> \* Torque part current command

trng Temperature

λ<sub>damg</sub> Magnetic flux

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-051700

(43)Date of publication of application : 18.02.1997

(51)Int.Cl.

H02P 21/00

H02P 5/28

H02P 6/08

(21)Application number : 08-077023

(71)Applicant : MEIDENSHA CORP

(22)Date of filing : 29.03.1996

(72)Inventor : ASHIKAGA TADASHI  
MORI MASATO  
NAGAYAMA KAZUTOSHI

(30)Priority

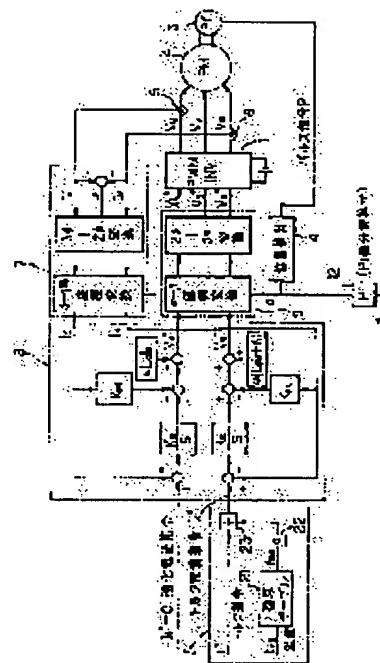
Priority number : 07133297 Priority date : 31.05.1995 Priority country : JP

## (54) CONTROLLING DEVICE OF ROTARY ELECTRIC MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an output torque accurately corresponding to a torque command even if temperature increases by calculating a torque current command from a magnetic flux which is obtained from a magnetic flux table based on a temperature detected by a temperature sensor and a torque command and controlling a rotary electric machine from the torque current command.

SOLUTION: A magnetic flux table 21 is a data table for storing the demagnetization characteristics of magnetic flux according to a temperature created, for example, by the data sheet of the permanent magnet of a PM motor 2, a motor stator temperature is detected by such a temperature sensor as a thermistor, and a temperature  $\theta_{mg}$  of the permanent magnet at a rotor side is supplied as a substitution for temperature information. As a result, a magnetic flux table 21 transmits the information on the magnetic flux  $A_{mg}$  corresponding to a temperature  $\theta_{mg}$ . A part 22 for setting the number of poles multiplies the magnetic flux  $A_{mg}$  by the number of poles before outputting. A divider divides a torque command  $T^*$  by the output of the part 22 for setting the number of poles. The output of a divider 23 becomes  $T^*/P_n A_{mg}$  and a torque current command becomes  $I_g$ , thus compensating the demagnetization characteristics due to temperature increase and obtaining a desired torque.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3467961

[Date of registration] 05.09.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal (first examiner's decision of rejection)]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、

永久磁石の温度を検出する温度センサと、永久磁石の温度に対応する減磁特性を記憶している磁束テーブルとを有し、温度センサで検出した温度に基づく磁束を磁束テーブルにより求める一方、この磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 2】 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、

上記回転電機に供給する電圧指令値、回転電機に供給される電流をフィードバックしたフィードバック電流及び速度等の情報を入力して回転電機の運転をシミュレートする  $dq$  座標系でのモータモデルを有するとともに、このモータモデルを用いて現在の磁束を求める一方、この磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 3】 上記フィードバック電流の代わりに電流指令値を用いたことを特徴とする【請求項 2】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 4】 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、

トルク指令及び電気角周波数により一意に決定される磁化電流指令を出力する磁化電流指令テーブルと、回転電機の界磁磁束がトルク電圧にのみ関連することを利用してトルク電圧に基づき回転電機の界磁磁束を推定する磁束推定手段と、

トルク指令、磁化電流指令及び磁束推定手段で推定する磁束推定値に基づく演算を行なってトルク電流指令を出力するトルク電流指令演算手段とを有することを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 5】 磁束推定手段は、トルク電圧と、界磁磁束の変化により変化するトルク電圧推定値との偏差が零になるように磁束推定値を推定するものであることを特徴とする【請求項 4】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 6】 磁束推定値の推定の際、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算することを特徴とする【請求項 5】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 7】 磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算することを特徴とする【請求項 5】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 8】 磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算するとともに、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算することを特徴とする【請求項 5】に記載する回転電機の制御装置。

【請求項 9】 磁束推定値の推定の際、回転電機の入力

電圧を検出し、この検出電圧を座標変換して得るトルク電圧を用いることを特徴とする【請求項 6】～【請求項 8】の何れか一つに記載したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 10】 磁束推定値の推定の際、磁化電流指令及びトルク電流指令を用いることを特徴とする【請求項 6】～【請求項 8】の何れか一つに記載したことを特徴とする回転電機の制御装置。

【請求項 11】 磁束推定値の推定の際、フィードバックした磁化電流及びトルク電流を用いることを特徴とする【請求項 6】～【請求項 8】の何れか一つに記載したことを特徴とする回転電機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は回転電機の制御装置に関し、特に界磁として永久磁石を有するものに適用して有用なものである。

【0002】

【従来の技術】インバータで駆動される永久磁石同期電動機（以下「PMモータ」と略す）は、主に小容量ACサーボモータとして広く用いられている。

【0003】図11はこの種のPMモータの制御装置の一例をこのPMモータとともに示すブロック線図である。同図に示すように、PWMインバータ1からPMモータ2に三相電流を供給することによりPMモータ2が回転する。速度検出器3は、PMモータ2の回転子と共に回転してパルス信号Pを出力する。位置検出部4は、パルス信号Pを基に、PMモータ2の回転子位置（位相）を示す位相検出値 $\theta$ を求める。

【0004】電流検出部5、6はU相及びW相の電流検出値 $I_u$ 、 $I_w$ を求める。座標変換部7は、電流検出値 $I_u$ 、 $I_w$ からV相の電流検出値 $I_v$ を求め、更に三相の電流検出値 $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$ を三相／二相変換し、位相角 $\theta$ を考慮して回転座標系のトルク電流検出値 $I_d$ 及び磁化電流検出値 $I_q$ を求める。

【0005】電流制御部8は、回転座標系のトルク電流指令 $I_d^*$ 及び磁化電流指令 $I_q^*$ と、トルク電流検出値 $I_d$ 及び磁化電流検出値 $I_q$ との偏差を比例・積分演算することにより、回転座標系のトルク電圧指令 $V_d^*$ 及び磁化電圧指令 $V_q^*$ を求める。

【0006】ここでトルク電流指令 $I_d^*$ はトルク指令 $T^*$ を基に電流指令テーブル11により得られる。すなわち、電流指令テーブル11にはトルク指令 $T^*$ に対応する磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ がテーブルとして記憶してある。また、この電流指令テーブル11には位相検出値 $\theta$ を微分器12で微分して得る電気角周波数 $\omega$ が参照信号として供給されている。かくして、電流指令テーブル11はトルク指令 $T^*$ に基づく電気角周波数 $\omega$ を参照して一意に定まる磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を送出する。



【0007】座標変換部9は、回転座標系のトルク電圧指令 $V_q^*$ 及び磁化電圧指令 $V_d^*$ を座標変換して、静止座標系の三相の電圧指令 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を求める。

【0008】PWMインバータ1はこれが内蔵するPWM変調部において電圧指令 $V_u^*$ 、 $V_v^*$ 、 $V_w^*$ を基にインバータ部を制御する。これによりPWMインバータ1から三相電力がPMモータ2に供給される。

【0009】かかる制御装置を用いたPMモータ2の制御方法の一つとして、磁化電流 $I_d$ を零として制御を行

$$T = p_n \Lambda I_q$$

但し、 $p_n$ ：極対数

$\Lambda$ ：永久磁石による鎖交磁束

【0011】従来では鎖交磁束 $\Lambda$ の値は一定であるとし※

$$I_q^* = T^* / p_n \Lambda$$

【0012】つまり、トルク指令 $T^*$ が与えられると、このトルク指令 $T^*$ を一定値( $p_n \Lambda$ )で割算してトルク電流指令 $I_q^*$ を求めていた。

【0013】上述の如き制御装置を用いた他の制御方法として最大トルク制御、最大効率制御等が知られてい

$$T = P_n \{ \Lambda I_q + \omega (L_d - L_q) \} I_d \cdot I_q$$

但し、 $P_n$ ：極対数、

$\Lambda$ ：永久磁石による

鎖交磁束、 $\omega$ ：電気角周波数、

$L_d$ ：直軸イン

ダクタンス、 $L_q$ ：横軸インダクタンス、 $I_d$ ：磁化電流、 $I_q$ ：トルク電流

【0015】この場合にも式(3)の鎖交磁束 $\Lambda$ の値は一定であるとして磁化電流 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を求めている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところで、永久磁石による鎖交磁束 $\Lambda$ は、図12に示すように、永久磁石の温度が上がるにつれて減少し、特に高温になると減磁の割合が大きくなる。

【0017】したがって高温になると鎖交磁束 $\Lambda$ が減少し、出力トルク $T$ は小さくなってしまふ。つまり従来では温度上昇による減磁を考慮していなかったため、高温状態でモータ運転をしたときに、トルク指令 $T^*$ に対して、PMモータ2から実際に出力されるトルク $T$ が小さくなっていた。

【0018】本発明は、上記従来技術に鑑み、温度が上昇してもトルク指令に正確に対応した出力トルクが得られる回転電機の制御装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の構成は次の点の特徴とする。

【0020】(1) 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、永久磁石の温度を検出する温度センサと、永久磁石の温度に対応する減磁特性を記憶している磁束テーブルとを有し、温度センサで検出した温度に基づく磁束を磁束テーブルにより求める一方、こ

\*う方法が知られている。この制御方法では磁束軸に平行な電流成分である磁化電流 $I_d$ を流さないように制御する。この制御方法によれば、トルクがトルク電流 $I_q$ の振幅に比例するため制御性は良い。なおトルク電流は磁束軸に直交する電流成分である。

【0010】すなわち、上述した制御装置では、トルク電流指令 $I_q^*$ の値を変えることにより、PMモータ2の出力トルク $T$ を制御することができ、このときのPMモータ2の出力トルク $T$ は次式(1)で示される。

$$\dots (1)$$

※て、式(1)を変形して得た次式(2)を利用して、必要なトルク指令 $T^*$ を得るためのトルク電流指令 $I_q^*$ の値を求めている。

$$\dots (2)$$

★る。この場合には、トルク指令 $T^*$ とPMモータ2の回転数を表わす電気角周波数 $\omega$ に応じて磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を決定する。

【0014】このときのPMモータ2の出力トルク $T$ は次式(3)で示される。

$$\dots (3)$$

の磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したこと。

【0021】(2) 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、上記回転電機に供給する電圧指令値、回転電機に供給される電流をフィードバックしたフィードバック電流及び速度等の情報を入力して回転電機の運転をシミュレートする $dq$ 座標系でのモータモデルを有するとともに、このモータモデルを用いて現在の磁束を求める一方、この磁束と、トルク指令とに基づいてトルク電流指令を演算し、このトルク電流指令に基づき上記回転電機を制御するように構成したこと。

【0022】(3) (2)において、フィードバック電流の代わりに電流指令値を用いたこと。

【0023】(4) 界磁として永久磁石を有する回転電機の制御装置において、トルク指令及び電気角周波数により一意に決定される磁化電流指令を出力する磁化電流指令テーブルと、回転電機の界磁磁束がトルク電圧にのみ関連することを利用してトルク電圧に基づき回転電機の界磁磁束を推定する磁束推定手段と、トルク指令、磁化電流指令及び磁束推定手段で推定する磁束推定値に基づく演算を行なってトルク電流指令を出力するトルク電流指令演算手段とを有すること。

【0024】(5) (4)において、磁束推定手段は、トルク電圧と、界磁磁束の変化により変化するトルク電圧推定値との偏差が零になるように磁束推定値を推定するものであること。

【0025】(6) (5)において、磁束推定値の推定の際、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算す

ること。

【0026】(7) (5)において、磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算すること。

【0027】(8) (5)において、磁束推定値の推定の際、磁化電流を零として演算するとともに、電機子抵抗による電圧降下分を無視して演算すること。

【0028】(9) (6)～(8)の何れか一つにおいて、磁束推定値の推定の際、回転電機の入力電圧を検出し、この検出電圧を座標変換して得るトルク電圧を用いること。

【0029】(10) (6)～(8)の何れか一つにおいて、磁束推定値の推定の際、磁化電流指令及びトルク電流指令を用いること。

【0030】(11) (6)～(8)の何れか一つにおいて、磁束推定値の推定の際、フィードバックした磁化電流及びトルク電流を用いること。

【0031】【作用】上記構成の本発明によれば、磁束テーブル又はモータモデルの出力として回転電機の実際の運転時の磁束を求める。次に、この磁束とトルク指令とに基づきトルク分電流を求め、このトルク分電流を電流制御系の指令値とする。かくして永久磁石の温度に依存する減磁の影響を補償する。

【0032】また、磁束の推定方式のものにおいては、トルク電圧に基づき界磁磁束を推定し得るので、この磁束推定値に基づくトルク分電流を電流制御系の指令値とすることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態を図面にに基づき詳細に説明する。各形態は何れも図11に示す制御装置における電流指令テーブル11の代わりに減磁補償部を設けたものである。そこで、図11と同一部分には同一番号を付して各実施の形態を説明する。このとき、図11と重複する説明は省略する。

【0034】図1は本発明の第1の実施の形態に係る減磁補償部Iを抽出してその近傍部分とともに示すブロック線図である。本形態は $I_d^* = 0$ 制御において永久磁石の温度監視を行なってトルク電流指令 $I_q^*$ を補正するものである。

$$V_d = R_1 I_d - \omega L_q I_q \quad \dots (4)$$

$$V_q = R_1 I_q + \omega L_d I_d + \omega (\Lambda_{ng} + M_f I_f) \quad \dots (5)$$

但し、 $R_1$ ：電機子抵抗、 $\omega$ ：電気角周波数

$V_d$ 、 $V_q$ ：d軸、q軸電圧

【0043】ここで、dq軸電流制御系の磁化電圧指令 $V_d^*$ 、トルク電圧指令 $V_q^*$ 、磁化電流検出値 $I_d$ 、※

$$\Lambda_{ng} = V_q^* / \omega - R_1 I_q / \omega - L_d I_d - M_f I_f \quad \dots (6)$$

【0044】かくして式(6)により求める磁束 $\Lambda_{ng}$ を用いて第1の形態と同様の処理をすることにより永久磁石の減磁による影響を補償したトルク電流指令 $I_q^*$ を得る。

【0045】フィードバックする磁化電流検出値 $I_d$ 及

\*【0035】図1に示すように、減磁補償部Iは、磁束テーブル21、極数設定部22及び割算器23を有している。

【0036】磁束テーブル21は、PMモータ2の永久磁石のデータシート等により作成した温度による磁束の減磁特性を記憶しているデータテーブルであり、例えばサーミスタ等の温度センサでモータ固定子温度を検出し、回転子側の永久磁石の温度 $t_{mg}$  [°C] を温度情報として代用して供給される。この結果、磁束テーブル21は、温度 $t_{mg}$ に対応する磁束 $\Lambda_{ng}$ の情報を送出する。

【0037】極数設定部22は磁束 $\Lambda_{ng}$ に磁極数を掛けて出力とする。割算器23はトルク指令 $T^*$ を極数設定部22の出力( $p \Lambda_{ng}$ )で除算する。

【0038】かかる実施の形態において割算器23の出力は $T^* / p \Lambda_{ng}$ となり、この出力は前記式(1)を参照すれば明らかな通り、トルク電流指令 $I_q^*$ となる。すなわち、本形態によればトルク電流指令 $I_q^*$ が永久磁石の温度特性に応じて補正される。この結果、温度上昇に伴う減磁特性を補償して所望のトルクが得られる。

【0039】図2は本発明の第2の実施の形態に係る減磁補償部IIを抽出してその近傍部分とともに示すブロック線図である。本形態は $I_d^* = 0$ 制御においてモータモデルを用いてトルク電流指令 $I_q^*$ を補正するものであり、第1の形態に対し磁束 $\Lambda_{ng}$ を求める部分が異なるだけである。そこで、図1と同一部分には同一番号を付し、重複する説明は省略する。

【0040】図2に示すように、減磁補償部IIは、モータモデル31、極数設定部22及び割算器23を有している。

【0041】モータモデル31は磁化電圧指令 $V_d^*$ 、トルク電圧指令 $V_q^*$ 、磁化電流検出値 $I_d$ 、トルク電流検出値 $I_q$ 及び速度 $\omega_r$ を極数設定部32で処理して得る電気角周波数 $\omega$ の各量を入力し、これらのデータを処理することによりPMモータ2と等価なモータを電子的に実現した一種のシミュレータである。

【0042】以上PMモータ2の回転座標(dq座標)系における電圧方程式は次式(4)、(5)となる。

※トルク電流検出値 $I_q$ 及び電気角周波数 $\omega$ により現在の温度における磁石の磁束 $\Lambda_{ng}$ を式(5)を変形した次式(6)で求めることができる。

びトルク電流検出値 $I_q$ にノイズが乗る場合には、これらの代わりに磁化電流指令 $I_d^* = 0$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を用いても良い。ここでは、デジタル制御を前提として磁化電流指令 $I_q^*$ は前回値 $I_q^*(n-1)$ を用いることで演算が可能である。

【0046】この場合を第3の実施例として図3に示す。同図に示すように減磁補償部111のモータモデル41は、モータモデル31に対し入力して磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を用いる点が異なるだけ\*

$$\Lambda_{ng} = V_q^* / \omega - R_l I_d^* / \omega - L_d I_d - M_l I_f \quad \dots (7)$$

【0048】上述の如くモータモデル31, 41を用いる第2及び第3の形態は永久磁石の温度を監視することができない場合に用いて特に有用なものとなる。

【0049】図4は本発明の第4の実施の形態に係る減磁補償部IVを抽出してその近傍部分とともに示すブロック線図である。本形態は、基本的には最大トルク制御、弱め界磁による定出力制御（例えば特開平7-3226※

$$\begin{aligned} V_d &= R_l I_d - \omega L_q I_q \\ V_q &= R_l I_q + \omega L_d I_d + \omega \Lambda \end{aligned}$$

$R_l$  : 電機子抵抗  $L_d, I_q$  : d, q 軸インダクタンス

またトルクTは前述の式(3)で表わされる。

【0051】式(3)において、温度変化により鎖交磁束 $\Lambda$ が変化すると、トルクTが変化するが、このときの温度変化による鎖交磁束 $\Lambda$ を推定して電流指令値を計算することにより、トルク指令 $T^*$ に対して正確に一致するトルク制御が可能となる。

【0052】図4に示すように、減磁補償部IVは、磁化電流指令テーブル41、トルク電流指令演算部42及び磁束推定器43を有している。これらのうち磁化電流指令テーブル41はトルク指令 $T^*$ 及び電気角周波数 $\omega$ により一意に決定される磁化電流指令 $I_d^*$ をテーブルとして記憶している。トルク電流指令演算部42はトルク★

$$I_q^* = \frac{T^*}{P_n (\Lambda^{**} + \omega (L_d - L_q)) I_d^*} \quad \dots (9)$$

式(9)の演算はトルク電流指令演算部42で行なう。

また、磁束推定値 $\Lambda^{**}$ は次の原理により求める。

【0055】すなわち、式(8)において、鎖交磁束 $\Lambda$ はトルク電圧 $V_q$ の式にのみ影響する。ここで、電機子☆

$$\begin{aligned} V_q^{**} &= R_l I_d + \omega L_d I_d + \omega \Lambda^{**} \\ (\Lambda^{**} &= \Lambda_n + \Delta \Lambda^{**}) \end{aligned} \quad \dots (10)$$

但し、 $\Lambda_n$  : 磁束の初期設定値

$\Delta \Lambda^{**}$  : 磁束変化量の推定値

【0056】図4の電流制御部8においては、磁化及びトルク電流指令( $I_d^*, I_q^*$ )が磁化及びトルク電流( $I_d, I_q$ )に一致する様にフィードバック制御しているため、温度変化によりPMモータ2の鎖交磁束 $\Lambda$ が変化した場合には、磁化電流指令 $I_d^*$ 、トルク電流指◆

$$\Delta \Lambda^{**} = G \cdot (V_q^* - V_q^{**}) \quad \dots (11)$$

但し、G : 伝達関数

式(11)より磁束推定値 $\Lambda^{**}$ は、次式(12)にて求めら\*

$$\Lambda^{**} = \Lambda_n + G (V_q^* - V_q^{**}) \quad \dots (12)$$

【0058】図5は磁束推定器43の第1の実施例を示すブロック線図である。ここで、( $V_q^* - V_q^{**}$ )の偏

\*である。そこで、図2と同一部分には同一番号を付し、重複する説明は省略する。

【0047】本形態における磁束 $\Lambda_{ng}$ は次式(7)により求める。

※73号公報参照)において、磁束推定値 $\Lambda^{**}$ を用いて磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ を補正するものである。

【0050】この場合のPMモータ2の電圧方程式は同期回転座標(d-q軸)上で定常状態においては次式(8)で表わされる。

★指令 $T^*$ 、磁化電流指令 $I_d^*$ 及び磁束推定器43で推定する磁束推定値 $\Lambda^{**}$ に基づき所定の演算を行なってトルク電流指令 $I_q^*$ を出力する。この結果得られた磁化電流指令 $I_d^*$ 及びトルク電流指令 $I_q^*$ が電流制御部8に供給される。

【0053】かかる本形態においては、まず磁化電流指令 $I_d^*$ が最大トルク制御、弱め界磁による定出力制御を行なうべく電気角周波数 $\omega$ とトルク指令 $T^*$ からテーパーより導出される。

【0054】この結果トルク指令 $T^*$ と磁化電流指令 $I_d^*$ 、電気角周波数 $\omega$ が決定され、鎖交磁束 $\Lambda$ の推定値である磁束推定値 $\Lambda^{**}$ が与えられると、式(3)を変形して、トルク電流指令 $I_q^*$ が求められる。

【数1】

☆抵抗 $R_l$ 、d軸インダクタンス $L_d$ はモータパラメータとして既知であるため、トルク電圧推定値 $V_q^{**}$ は磁束推定値 $\Lambda^{**}$ とすると次式(10)で表される。

◆令 $I_q^*$ の電流を流すために必要なトルク電圧指令値 $V_q^*$ と式(10)により求められるトルク電圧推定値 $V_q^{**}$ に偏差が生ずる。

【0057】この電圧偏差は磁束変化量の推定値 $\Delta \Lambda^{**}$ に対応しているため、次式(11)により $\Delta \Lambda^{**}$ を推定できる。

\*れる。

差が0となる様に磁束推定値 $\Lambda^{**}$ が推定され、( $V_q^* - V_q^{**}$ )が0となると、実際のPMモータ2の鎖交磁束

$\Delta$ と推定値 $\Delta^{**}$ が一致する。

【0059】図6は磁束推定器43の他2の実施例を示すブロック線図である。式(10)において、電機子抵抗 $R_1$ による電圧成分 $R_1 I_q$ は他の項に比較して小さいため無視すると、図6に示す様に演算が簡単となり、磁化電流 $I_d$ が不要となる。本実施例は、回転数が高い場合に有効である。電気角周波数 $\omega$ が大きい場合は $(\omega L_d I_d + \omega \lambda) \gg R_1 I_q$ となるからである。

【0060】本形態においても図1～図3に示す場合と\*

$$V_q^{**} = R_1 I_q + \omega \Delta^{**}$$

となり、図7に示す構成で磁束推定値 $\Delta^{**}$ が推定できる。

【0061】 $I_d = 0$ 制御において、電機子 $R_1$ の項が無視できる。これを磁束推定器43の第4の実施例として図7に示す。本実施例によれば同図に示す様に更に簡単な構成で $\Delta^{**}$ が推定できる。

【0062】これまでは、電機子抵抗 $R_1$ とd軸インダクタンス $L_d$ 、q軸インダクタンス $L_q$ を既知の値としているが、実際にはロータの温度変化による鎖交磁束 $\Delta$ の変化に比較して影響は小さいものの、固定子巻線の電機子抵抗 $R_1$ も温度によって変化する。固定子巻線につ※

$$V_d^{**} = R_1^{**} I_d - \omega L_q I_q$$

$$(R_1^{**} = R_{1n} + \Delta R_1^{**})$$

$R_{1n}$  : 電機子抵抗の初期設定値

$\Delta R_1$  : 電機子抵抗変化量の推定値

したがって、磁束抵抗値 $\Delta^{**}$ の推定方式と同様に、電機★

$$\Delta R_1^{**} = G_2 (V_d^* - V_d^{**})$$

$G_2$  : 伝達関数

$$R_1^{**} = R_{1n} + G_2 (V_d^* - V_d^{**})$$

【0064】図9に第5の実施例に係る磁束推定器43 30のブロック線図を示す。本実施例においては、 $(V_d^* - V_d^{**})$ の偏差が0となる様に電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ が推定され、実際の電機子 $R_1$ と一致するよう動作する。ここで、電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ の推定応答が磁束推定値 $\Delta^{**}$ の推定応答より速くなるように伝達関数 $G_1$ 、 $G_2$ のゲイン等を設定することによって、トルク電圧推定値 $V_q^{**}$ の演算による磁束推定値 $\Delta^{**}$ の推定時には、電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ を真値に収束させておくことができ、正確な磁束推定値 $\Delta^{**}$ を得ることができる。

【0065】これまでは、磁束推定器43の入力に、演算制御量である、磁化及びトルク電圧指令 $(V_d^*, V_q^*)$ を用いているが、PWMインバータ1の出力電圧を検出して座標変換することによって磁化電圧 $V_d$ 、トルク電圧 $V_q$ を求め、磁束推定器43に入力する方式でも良い。かかる実施の形態を本発明の第5の実施の形態として図10にブロック線図を示す。同図に示すように、本形態においては、出力電圧検出トランス44でPWMインバータ1の出力電圧を検出し、この出力を座標変換部45で座標変換して磁化電圧 $V_d$ 、トルク電圧 $V_q$ を 50

\*同様の $I_d = 0$ 制御を行なうことができる。すなわち、最大トルク制御や弱め界磁制御を用いない場合は、磁化電流 $I_d$ を0とする制御( $I_d = 0$ 制御)が用いられる。この制御はロータ表面に磁石をはり付けたSPMと呼ばれるPMモータ2によく用いられる方式である。これを磁束推定器43の第3の実施例としてそのブロック線図を図7に示す。この場合は式(10)は $I_d = 0$ のため、

$$\dots (13)$$

※いはサーミスタ等を取り付けて温度を検出して電機子抵抗 $R_1$ を補正することも可能であるが、センサを用いないで電機子抵抗 $R_1$ を推定する方式を磁束推定器43の第5の実施例として以下に示す。

【0063】式(8)において、励化電圧 $V_d$ は電機子抵抗 $R_1$ とq軸インダクタンス $L_q$ のパラメータより計算できる。ここで、q軸インダクタンス $L_q$ は温度によって変化しないため、固定子巻線温度変化による電機子抵抗 $R_1$ の変化の影響のみが励化電圧 $V_d$ に表われる。d軸電圧推定値 $V_d^{**}$ は、電機子抵抗 $R_1$ の推定値を電機子抵抗推定値 $R_1^{**}$ とすると、

$$\dots (14)$$

★子抵抗推定値 $R_1^{**}$ が次の様にして推定できる。つまり、

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

求めている。すなわち、本形態においては、図4に示す第4の実施の形態に出力電圧検出トランス44及び座標変換部45を追加して減磁補償部Vを構成している。なお、本形態における磁束推定器43においても図5～図9に示す全ての実施例を適用することができる。

【0066】図5～図10においては、磁束推定器43の電流入力にモータ電流を検出して座標変換した電流フィードバック値 $(I_d, I_q)$ を用いているが、図4の制御では、電流を指令値に対してフィードバック制御しているため、指令値 $(I_d^*, I_q^*)$ とフィードバック値 $(I_d, I_q)$ はほぼ一致する。したがって、図4の磁束推定器43の電流入力を $I_d, I_q$ から指令値 $I_d^*, I_q^*$ に換えても同様の効果が得られる。

【0067】

【発明の効果】以上実施の形態とともに具体的に説明したように、本発明によれば永久磁石の温度による減磁分を補償することができるので、その分指令値に対応する正確な制御を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すブロック線図。

【図2】本発明の第2の実施の形態を示すブロック線図。

【図3】本発明の第3の実施の形態を示すブロック線図。

【図4】本発明の第4の実施の形態を示すブロック線図。

【図5】図4における磁束推定器の具体例である第1の実施例を示すブロック線図。

【図6】磁束推定器の具体例である第2の実施例を示すブロック線図。

【図7】磁束推定器の具体例である第3の実施例を示すブロック線図。

【図8】磁束推定器の具体例である第4の実施例を示すブロック線図。

【図9】磁束推定器の具体例である第5の実施例を示すブロック線図。

【図10】本発明の第5の実施の形態を示すブロック線図。

図。

【図11】従来技術を示すブロック線図。

【図12】永久磁石の温度特性を示すグラフ。

【符号の説明】

1, II, III, IV, V 減磁補償部

21 磁束テーブル

31, 41 モータモデル

23 割算器

41 磁化電流指令テーブル

10 42 トルク電流指令演算部

43 磁束推定器

44 出力電圧検出トランス

45 座標変換部

T\* トルク指令

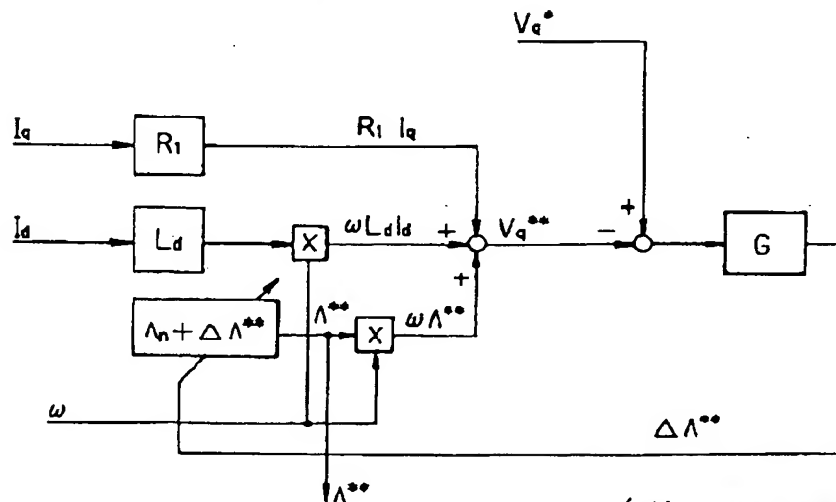
$I_q^*$  トルク分電流指令

$t_{ns}$  温度

$\Lambda_{ns}$  磁束

【図5】

( 磁束推定器の構成 )



G : 伝達関数

[ 伝達関数Gの例 ]

- ・ 比例 ( $K_p$ )
- ・ 積分 ( $K_p / S$ )
- ・ 一次遅れ ( $\frac{K_p}{1 + ST}$ )
- ・ PI ( $K_p + \frac{K_I}{S}$ )

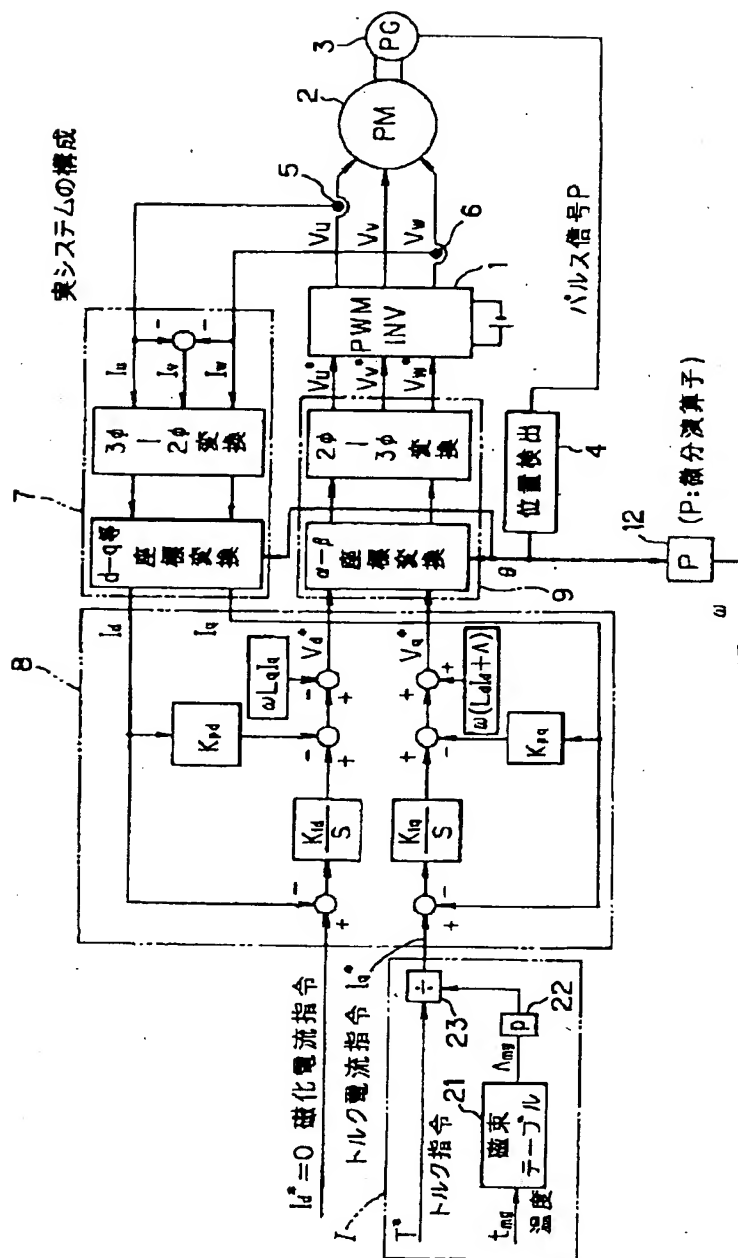
$K_p$  : 比例定数

$K_I$  : 積分定数

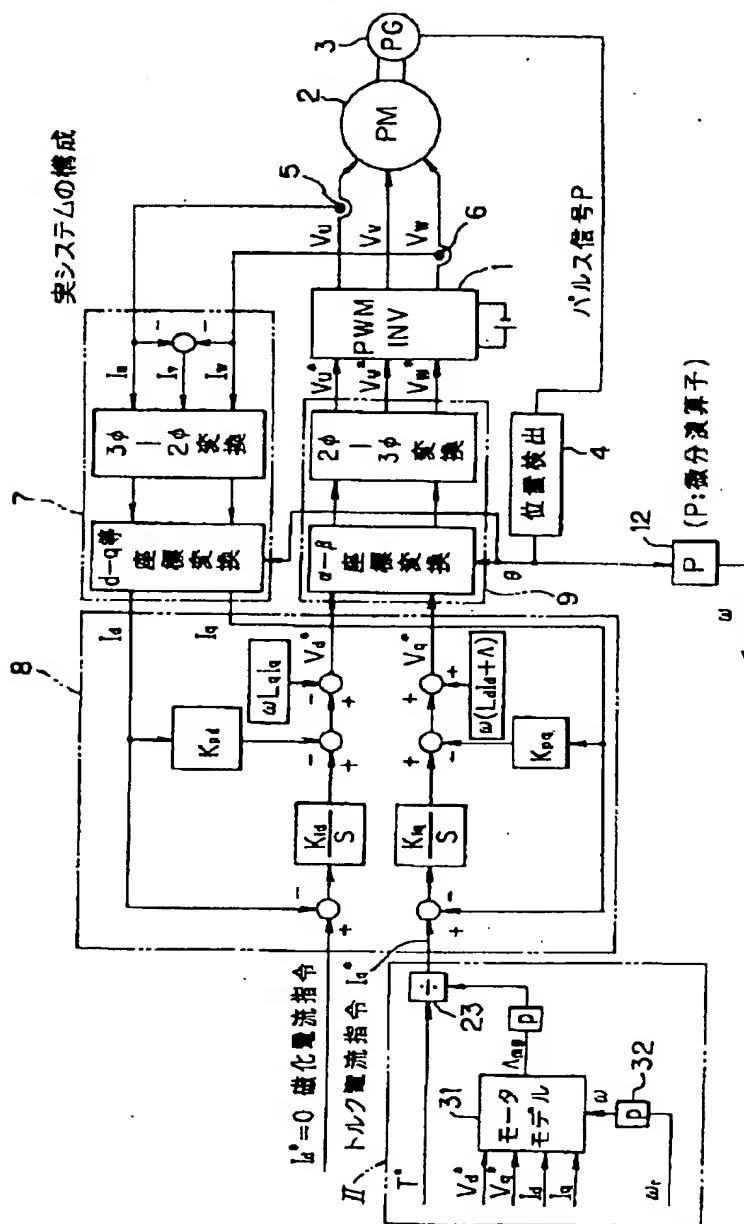
T : 一次遅れ時定数

$V_n$  : 磁束初期設定値  
 $\Delta \Lambda^{**}$  : 磁束誤差設定値  
 $\Lambda^*$  : 磁速推定値

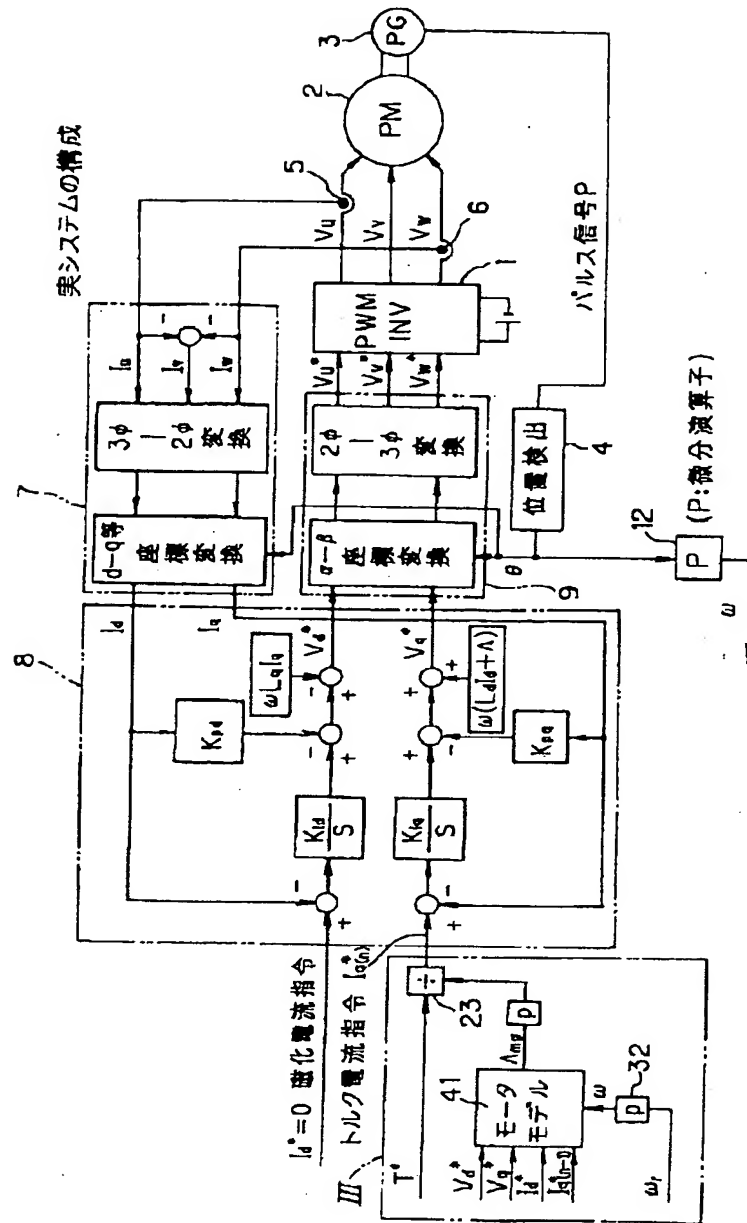
【図1】



【図2】

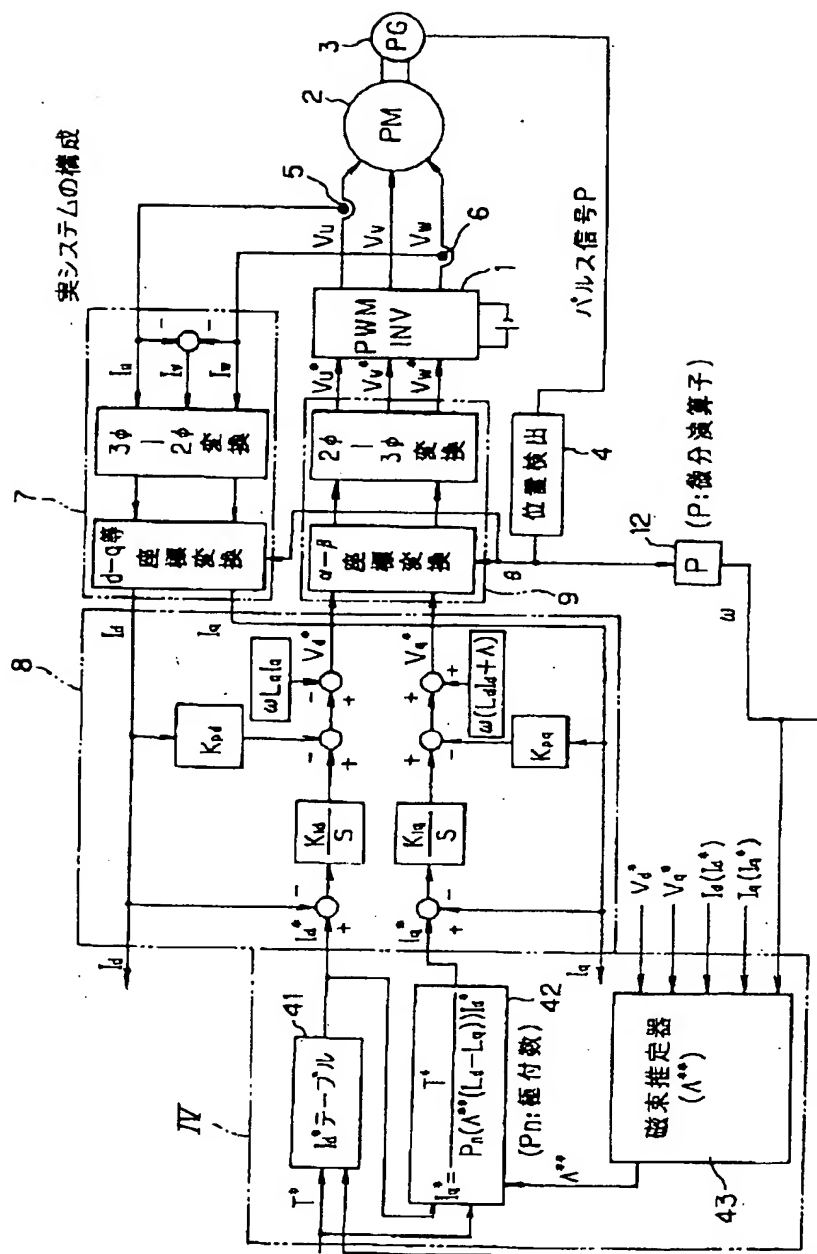


【図3】

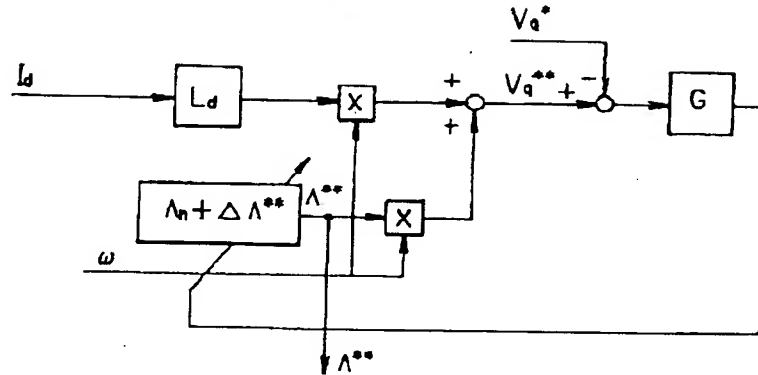




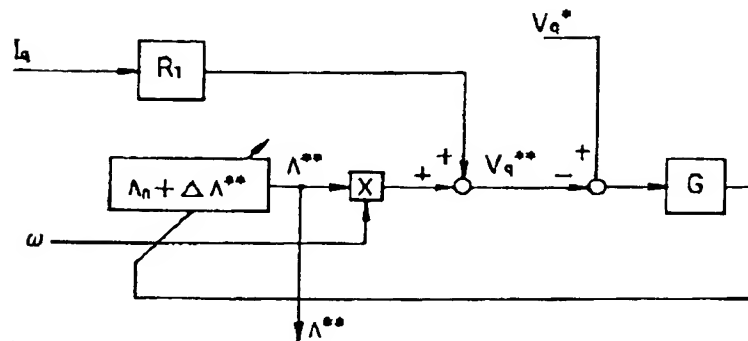
## 実システムの構成



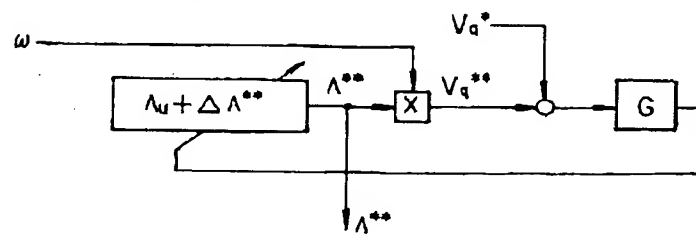
【図6】

(  $R_1$ の項を無視した場合 )

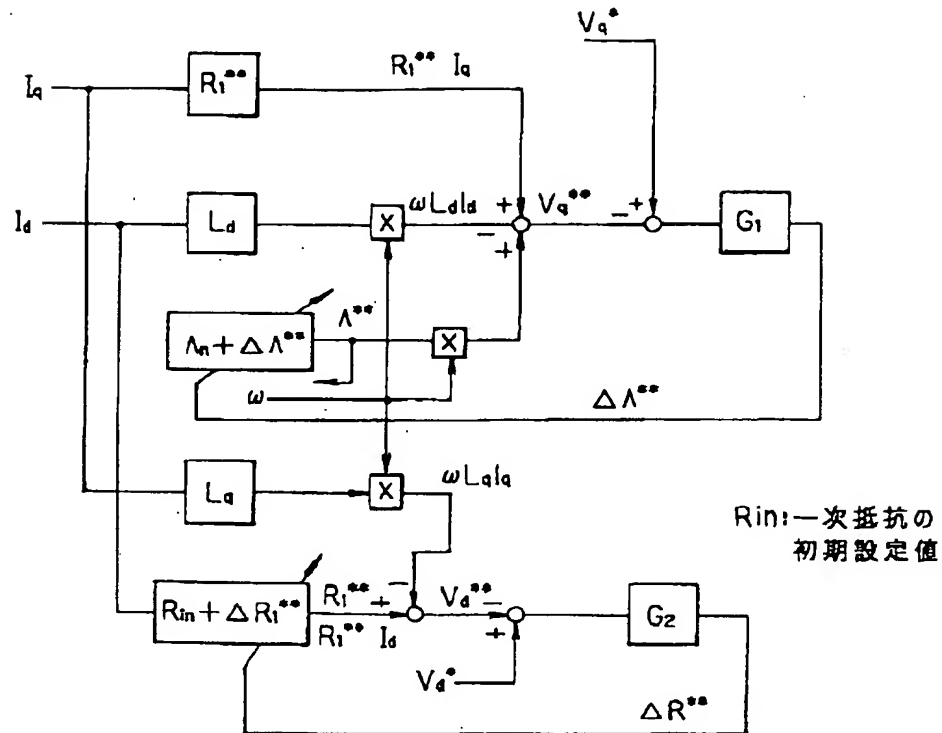
【図7】

(  $I_d=0$ 制御の場合 )

【図8】

(  $I_d=0$ 制御 &  $R_1$ の項を無視 )

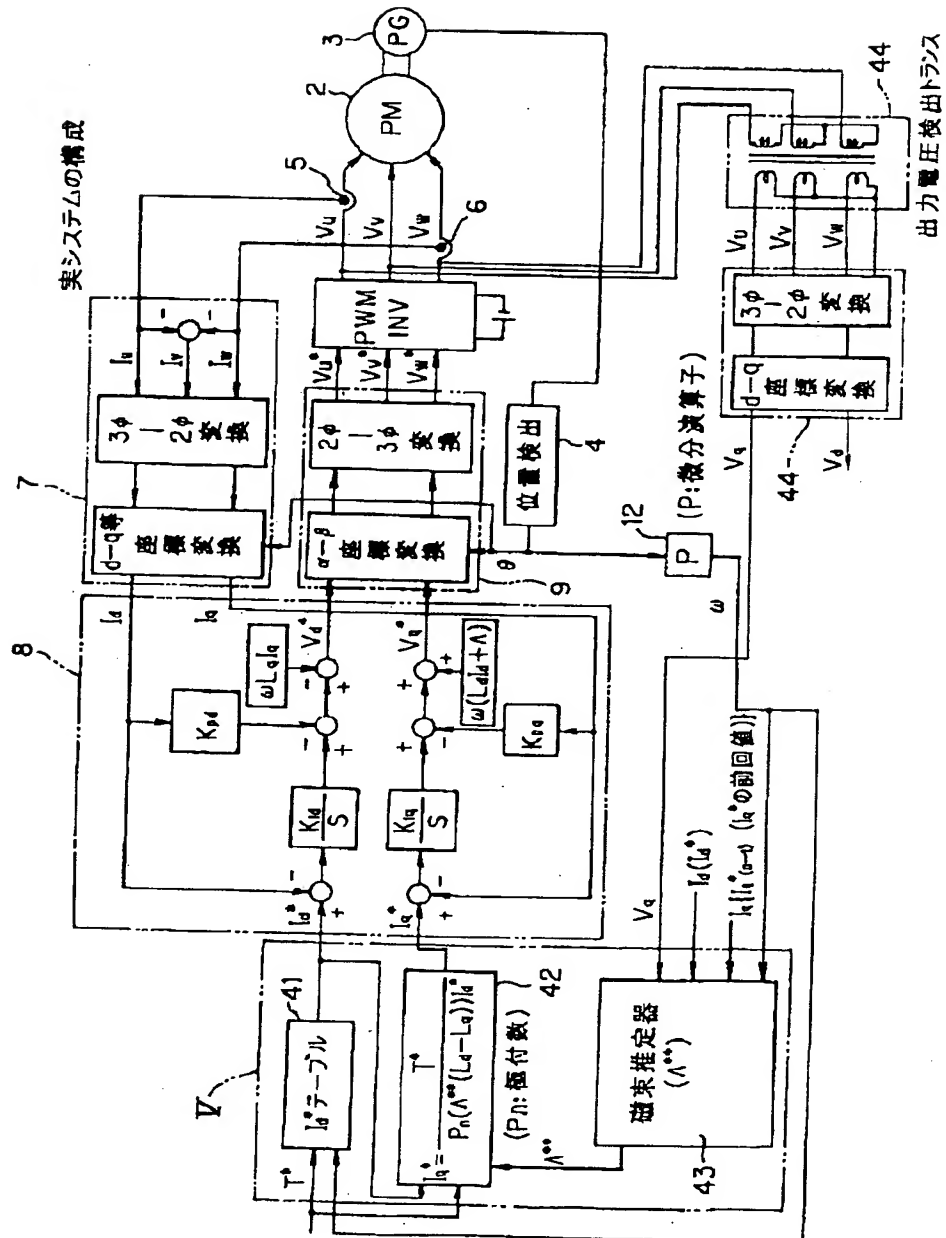
【図 9】

(  $R_1$  の補償を追加した構成 ) $G_1, G_2$  : 伝達関数

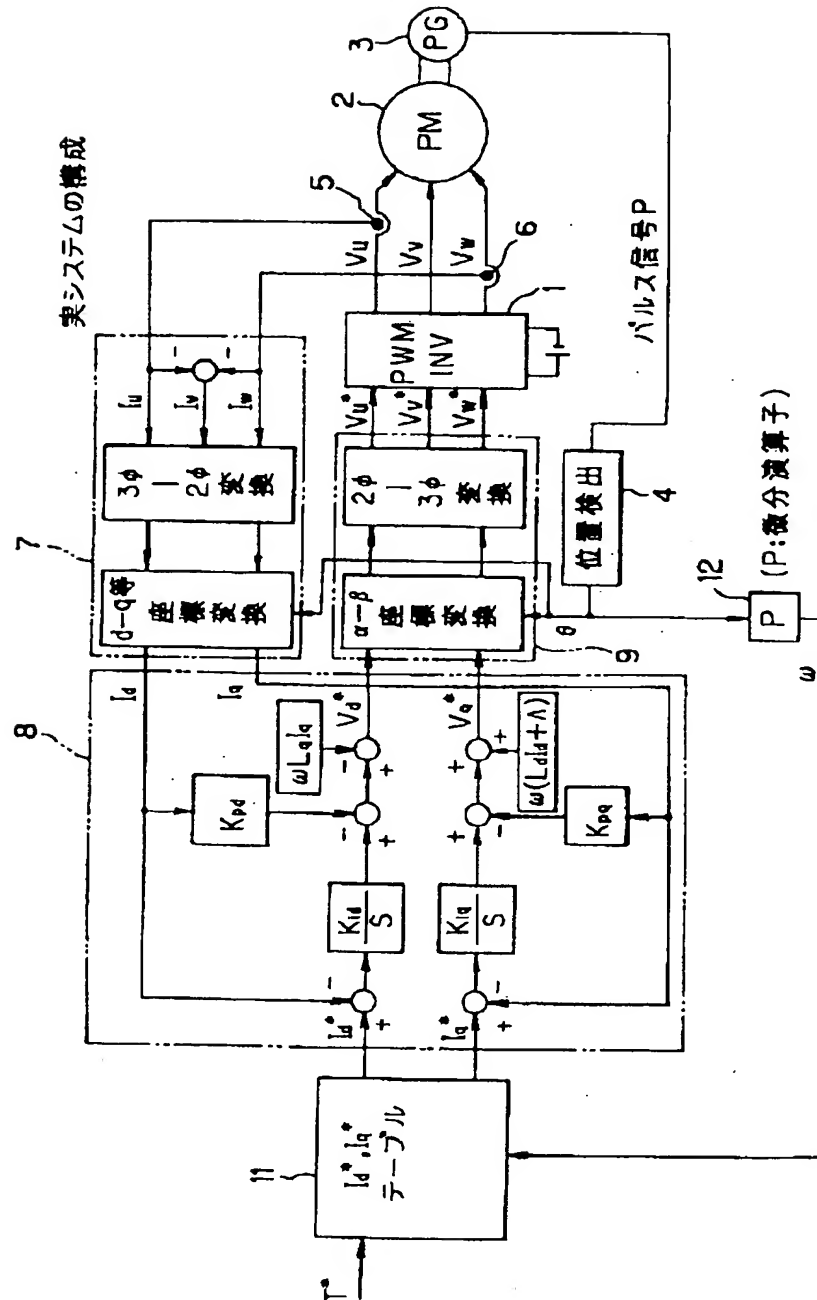
伝達関数例は図3と同様

ただし、 $R_1^{**}$  の推定応答を  $\Lambda^{**}$  の推定応答が速くなる  
ように伝達関数のゲインを設定する。

## 実システムの構成



【図11】



【図12】

